

JAZIDAS COM PEGADAS DE DINOSSÁURIOS NO ALGARVE

3 – 5 Setembro 2003

GEOLOGIA NO VERÃO



AGÊNCIA NACIONAL
PARA A CULTURA
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA



1. MATERIAL

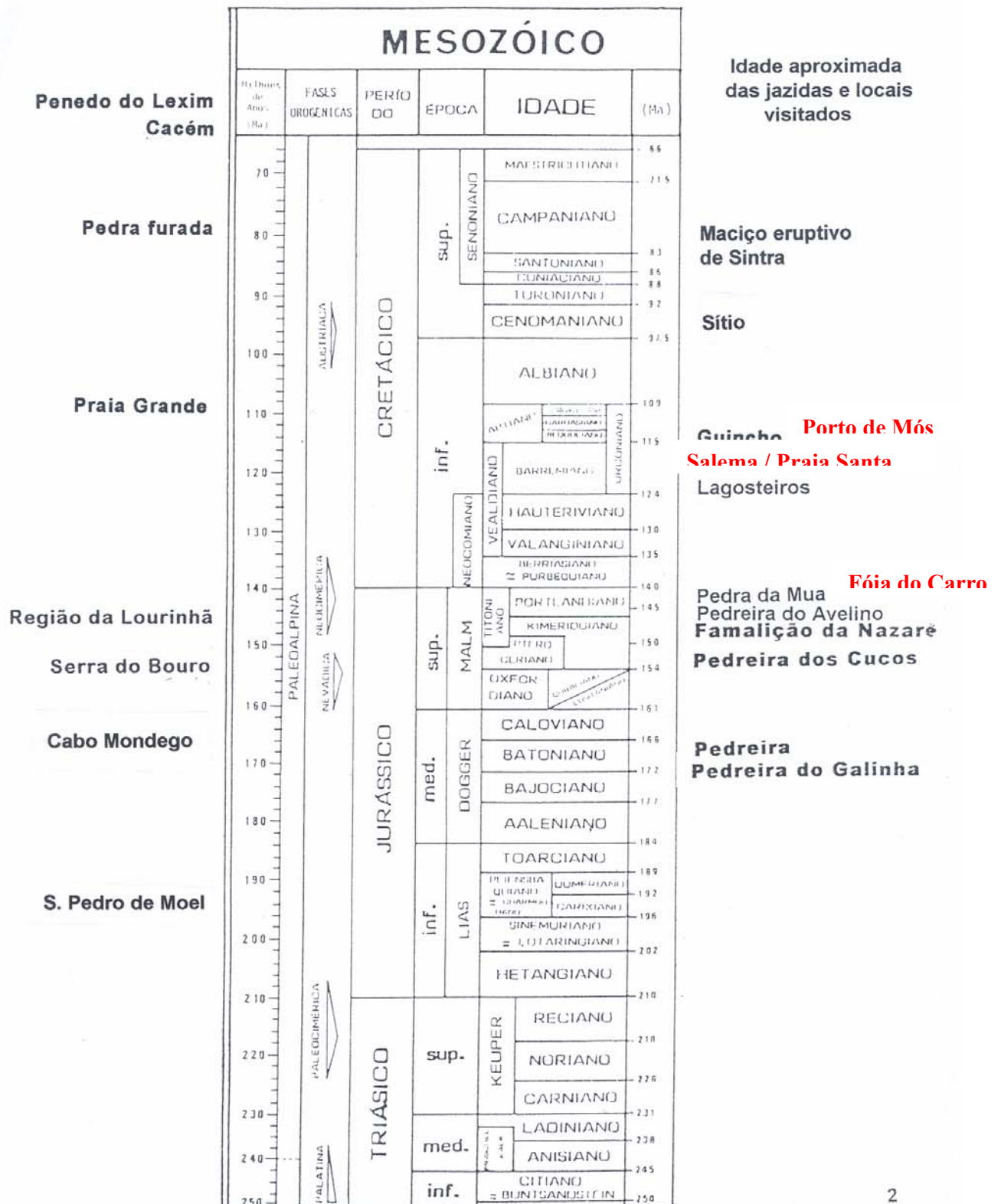
- . documentação fornecida
- . máquina fotográfica
- . garrafa de água
- . chapéu
- . roupa e sapatos adequados



POCTI - Participação FEDER

Fundos Nacionais do Ministério
da Ciência e do Ensino Superior

TABELA CRONO-ESTRATIGRÁFICA DA ERA MESOZÓICA



Em bioestratigrafia e em paleobiogeografia, as pegadas são bons "tira-teimas" para os dados esqueléticos. A falta de ossos em rochas Mesozóicas não implica que os dinossáurios não estivessem presentes nos ambientes sedimentares que produziram as rochas.

Martin 2001

Em Portugal, desde há muito que é reconhecida a presença de dinossáurios em rochas do Jurássico e do Cretácico (os sedimentos Triássicos afloram em pequenas extensões e serão quase todos de origem marinha), através de restos esqueléticos e de icnofósseis.



Invariavelmente, todos estes vestígios eram encontrados nas sucessões rochosas sedimentares conhecidas por Orla Ocidental Meso-Cenozóica, que incluem, por exemplo, as famosas jazidas do Cabo Mondego, Guimarota, região da Lourinhã, Carenque, Praia Grande do Rodízio, região de Sesimbra / Cabo Espichel.

Mas, na Orla Meridional Algarvia, que integra também depósitos formados entre o Triássico e o Cretácico, não havia vestígios de dinossáurios. Será que «os dinossáurios não gostavam dessas paragens»?



Só em 1992 foram encontrados por Terrinha os primeiros (e únicos até ao momento) elementos esqueléticos atribuíveis a dinossáurios (Santos et al. 2000). Incluem, pelo menos, dentes e vértebras, encontrados num bloco muito duro no extremo ocidental da praia de Porto de Mós (Lagos), do Cretácico inferior (finais do Aptiano). “Trata-se de restos osteológicos atribuíveis a dinossáurios, possivelmente terópodes”.

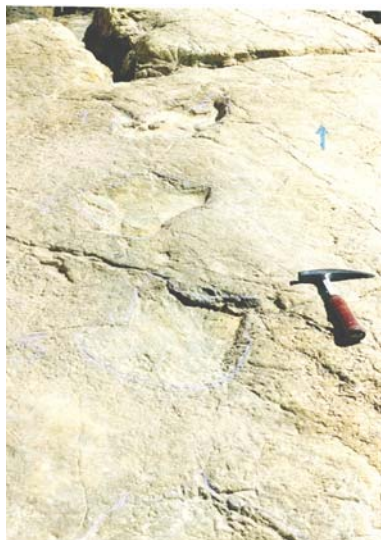


Em 1995, Coke descobriu na zona oriental da praia da Salema (Vila do Bispo), também num estrato do Cretácico inferior (Barremiano), várias pegadas tridáctilas de afinidade teropodiana. As dúvidas desapareceram - a região algarvia, pelo menos durante os tempos iniciais do Cretácico inferior, era povoada por dinossáurios carnívoros.

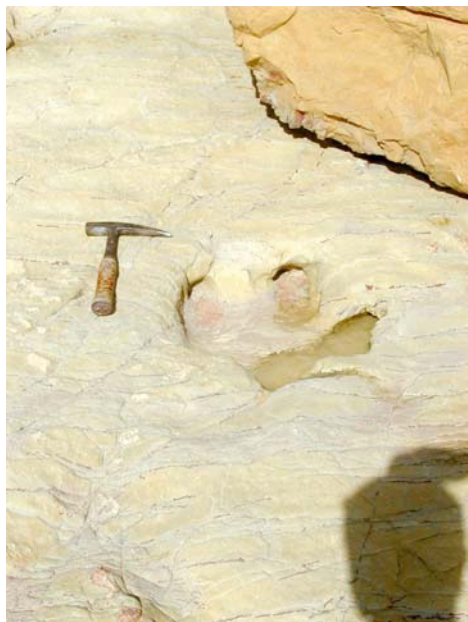
No ano seguinte, descobrimos num outro nível da praia da Salema (zona oriental), algumas pegadas que atribuímos a crocodilianos. Já tínhamos evidência de uma fauna Cretácica mais diversificada.



Mas será que as cadeias alimentares desses tempos se baseavam na predação? Continuava a não haver vestígios de consumidores primários, como os grandes ornitópodes, os principais contribuintes para a biomassa do Cretácico inferior; nem de enormes consumidores secundários ... Onde estavam as evidências da presença dos herbívoros, o “menu” natural destes predadores? E, como as pegadas da Salema revelam a passagem de terópodes de pequenas dimensões, será que os grandes carnívoros não gostavam «do sol algarvio»?



Também nos inícios de 1996, foi descoberta por elementos do nosso Grupo a primeira pista atribuível a um iguanodontiano, igualmente na praia da Salema e num outro nível do Cretácico inferior (Barremiano). Já tínhamos evidência da existência de grandes herbívoros no Algarve.



Nesse mesmo ano de 1996, e quando procedíamos ao mapeamento da pista de iguanodontiano da Salema, encontrámos, dois outros níveis do Barremiano, a oriente da praia Santa (Vila do Bispo), com pegadas. No horizonte mais inferior ocorrem também várias pistas de afinidade ornitopode, mas com maior diversidade de dimensões (e eventualmente de morfologias).

Confirma-se assim a (natural) presença de dinossáurios herbívoros para o Cretácico inferior do Algarve, a que se juntava a ocorrência (quase) sincrónica de pequenos teropodes e de crocodilianos. Mas seria provável que estes pequenos carnívoros, mesmo que caçassem em grupo, conseguissem presas como estes grandes iguanodontianos? Ou será que as suas presas favoritas eram as crias destes herbívoros? Faltavam ainda evidências da ocorrência de grandes carnívoros nesses tempos Cretácicos.



Estas provas surgiram em 2000, quando alguns elementos do nosso Grupo descobriram pegadas tridáctilas de grandes dimensões em dois níveis do Cretácico inferior (?Aptiano médio) de Porto de Mós (Lagos), que sugerem a presença de enormes teropodes com altura de anca rondando os 3 m!

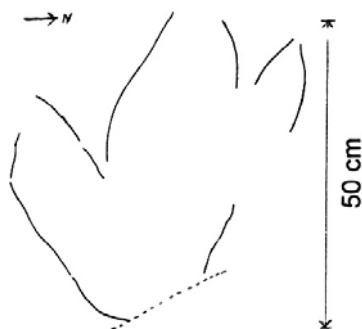
O quadro da diversidade dinossauriana estava mais «composto» - existiam também no Cretácico inicial Algarvio carnívoros enormes, provavelmente em número mais reduzido, que seriam capazes de atacar os herbívoros de grandes dimensões.



Em 2002, quando preparávamos as actividades relacionadas com o Geologia no Verão, descobrimos, a cerca de 160 m de distância, para ocidente da praia da Santa e nos mesmos dois estratos, várias pegadas tridáctilas, algumas com uma morfologia distinta, que podem ter tido como autores ornitopodes iguanodontianos menos derivados. Num destes estratos encontrámos também as primeiras pegadas de sauropodes Cretácicos Algarvios.



Surge uma questão - e durante os tempos que precederam o Cretácico inferior, qual a população dinossauriana que habitava esta região? Segundo Santos et al. (2000), as primeiras pegadas de dinossáurios do Jurássico superior (Portlandiano) foram descobertas em 1995 por Maria Ramalho, na praia da Fóia do Carro (Vila do Bispo), constituindo evidência da passagem de dinossáurios sauropodes.



Em 2001, elementos do nosso Grupo descobriram, num bloco solto na praia da Fóia do Carro, provavelmente proveniente do mesmo nível em que surge a intensa dinoturbação provocada por esses herbívoros quadrúpedes, uma pegada tridáctila, incompleta, mas com afinidade teropodiana.

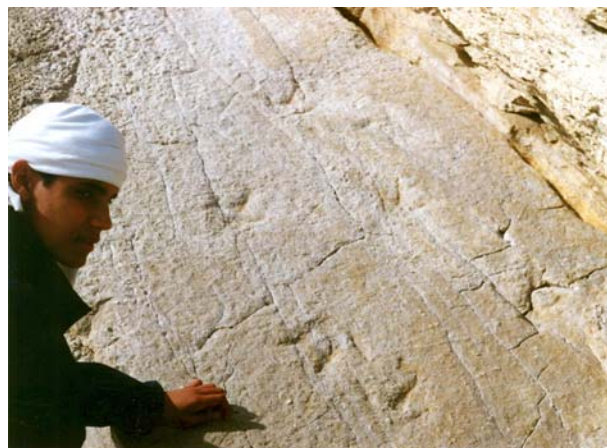
O quadro para o Jurássico final Algarvio está também mais completo - o elevado espezinhamento resultante da passagem de sauropodes constituirá evidência de gregarismo entre estes herbívoros (Lockley 1997), revelado também por muitas outras jazidas; os seus predadores naturais seriam terópodes de grandes dimensões.

PARA SABER MAIS ...



<http://oficina.cienciaviva.pt/~pw011>

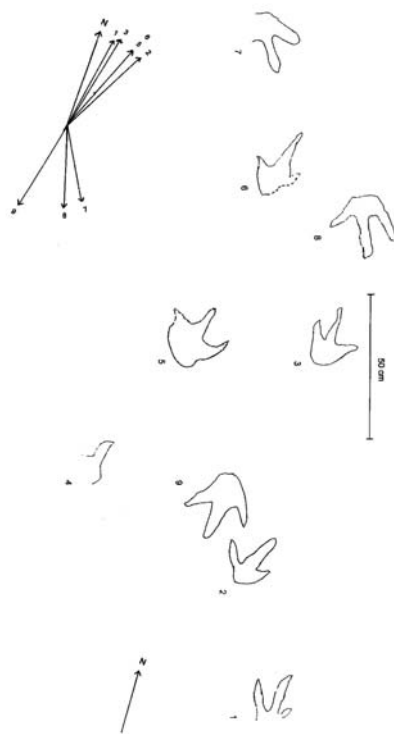
JAZIDA DA REGIÃO ORIENTAL DA PRAIA DA SALEMA (LOMBA DAS PIAS)



A área da laje onde se encontravam originalmente 9 pegadas tridáctilas é reduzida e encontra-se bastante fracturada. Se pretendermos conservar estas impressões é imperioso retirar a laje o mais rapidamente possível, já que a acção erosiva do mar, especialmente durante as marés vivas, acabará por a destruir. O que quase aconteceu em 2000, quando encontrámos um pequeno bloco, completamente solto, onde estava impressa parte da pegada 1.



Bloco com a pegada 1, hoje no Museu Nacional de História Natural de Lisboa.



Mapa do nível com pegadas de terópodes da jazida da Salema oriental, realizado em 1996.



Pegada 5

As pegadas apresentam morfologia tridáctila e dimensões idênticas, com superfície plantar relativamente reduzida, impressões de dígitos esguios e longos, sobretudo o dígito III, que terminam por garras recurvadas. A margem posterior tem uma forma de V, com uma indentação posterior ao dígito II observável em algumas das pegadas.

O comprimento médio é de 21,7 cm e a largura média é de 18,2 cm. As pegadas estão impressas pouco profundamente, mas algumas ainda estão preenchidas pelos sedimentos da camada sobrejacente. O seu grau de preservação é fraco, mas em algumas das pegadas podem-se notar indícios de almofadas falangeais. A divergência interdigital total média (II - IV) é de 71°, ligeiramente superior para III - IV (37°).

Estas características permitem atribuir este conjunto de pegadas a dinossáurios terópodes.

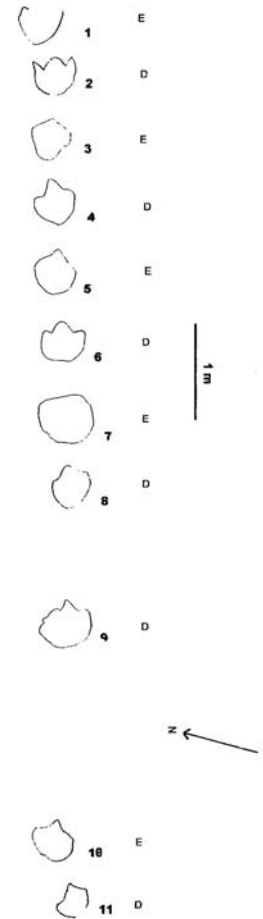
A amostra é reduzida para permitir uma identificação segura de segmentos de pistas. Mas é provável que as pegadas 4, 5 e 6, perfeitamente alinhadas (ângulo de passo rondando os 170°), tenham sido produzidas por um indivíduo com uma passada de cerca de 120 cm. Como a altura da anca se aproximaria dos 85 cm (4 vezes o comprimento da pegada), a velocidade de progressão é estimada em cerca de 4km/h.

Nesta jazida, como em muitas outras, verificamos que existem orientações preferenciais de progressão dos terópodes. Os animais preferem caminhar ao longo das margens de rios, lagos ou das costas de mares ou oceanos, linhas de separação natural entre terras e águas. A orientação preferencial de pistas (e de pegadas isoladas) pode ser interpretada como ocorrendo uma passagem controlada fisicamente, como um grupo movendo-se na mesma direcção ou como uma combinação das duas situações. A direcção de 5 das pegadas está integrada num arco de cerca de 20°; e as outras 3 caem num ângulo de cerca de 40°. As primeiras dirigem-se para NE e as segundas para SE (a pegada 9 quase para S). Pelo menos 3 pequenos terópodes, provavelmente não muito maiores do que um peru, passaram por esta região.

JAZIDA DA REGIÃO OCIDENTAL DA PRAIA DA SALEMA

O estado de preservação das pegadas é muito variável, mas algumas delas mostram as impressões de três dígitos, largos, robustos e curtos, terminando de forma arredondada. Apresentam grande superfície plantar, margem distal arredondada e simétrica. São impressões mesaxónicas, com comprimento e largura muito semelhantes (em média, cerca de 39,5 cm) e com ligeira rotação interna. O ângulo de divergência dos dígitos só foi medido para as pegadas 2, 4 e 6. O ângulo interdigital total é de cerca de 62° (em média), com valores dos ângulos II - III e III - IV semelhantes. Estas características sugerem uma origem ornitopode para esta pista.

As pegadas 1 a 8 devem ser consecutivas, já que o valor do passo é sempre muito uniforme, variando entre 68 e 86 cm, com uma média de 71 cm. Entre as pegadas 8 e 10, ambas direitas, falta a impressão do autopode esquerdo, até porque a distância entre elas é de 145 cm (praticamente o dobro do valor do passo médio). Entre as pegadas 9 e 10 já não devem ser visíveis duas pegadas. A zona inicial da pista é formada por duas impressões muito mal preservadas (10 e 11), distanciadas cerca de 57 cm.



A pista, surge num nível inferior ao das pegadas de pequenos terópodes e situa-se na zona ocidental da Praia da Salema, numa camada de natureza calcária arenítica fina de tons amarelos. É formada por 11 pegadas, com as últimas 8 consecutivas, revelando, aparentemente uma progressão bípede.



Regra geral, podemos dizer que as pegadas tridáctilas mesaxónicas correspondentes aos autopodes posteriores destes grandes ornitópodes apresentam comprimento e largura muito semelhantes, impressões de dígitos alargados e robustos, terminando por uma espécie de casco arredondado, grande superfície plantar, praticamente simétrica, com a margem posterior em forma de U. Geralmente, as pegadas que integram pistas atribuídas a estes ornitópodes apresentam rotação para dentro da linha média da pista, com passo proporcionalmente curto.

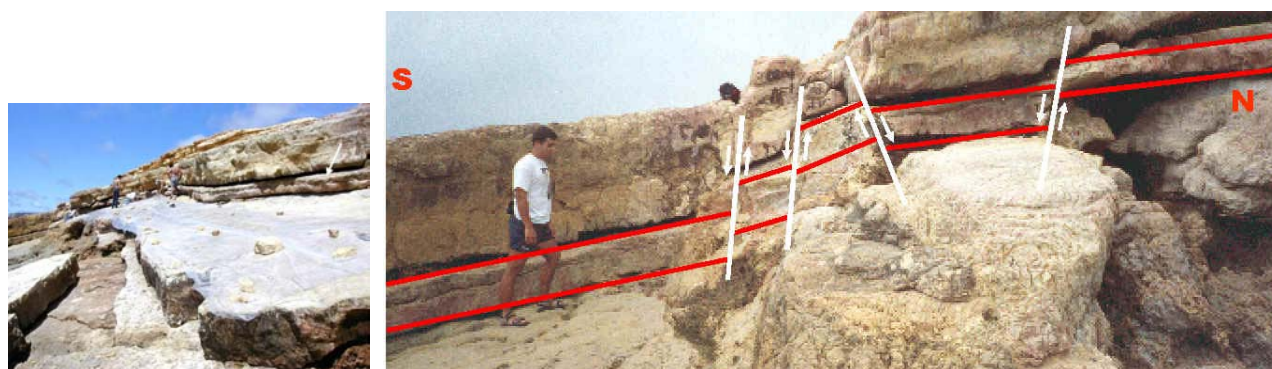


Por outro lado, o registo icnológico mundial do Cretácico inferior é dominado por grandes pegadas de ornitópodes, muitas vezes com progressão bípede, como acontece com depósitos da Inglaterra, Espanha e Ásia oriental, que revelam este tipo de pegadas desde os inícios do Cretácico. E coincide com o registo esquelético conhecido dos grandes iguanodontianos, o que deu origem à chamada “idade dos iguanodontídeos”. Alguns elementos esqueléticos e dentes de “*Iguanodon*” já tinham sido encontrados na jazida da Boca do Chapim (?Barremiano), um pouco a norte do Cabo Espichel.

A passada entre as pegadas 1 e 8 varia entre 1,21 e 1,57 m, com um valor médio de 1,40 m. Para um comprimento médio das pegadas na ordem dos 40 cm, o valor médio da passada é muito baixo - a simples observação da pista sugere uma deslocação muito lenta, com uma pata colocada quase à frente da outra a uma curta distância, praticamente em linha recta. Assim, o valor médio do ângulo de passo para este segmento da pista é elevado - 171°. A altura da anca deste iguanodontiano rondaria 2 - 2,35 m (comprimento médio das pegadas multiplicado por 5 a 5,8), sendo a velocidade de progressão estimada em cerca de 1,8 km/h.

Para os típicos iguanodontídeos, o comprimento corporal total é estimado como estando compreendido entre 2,5 e 3 vezes a altura da anca. Assim, podemos estimar o comprimento total deste ornitópode como aproximando-se de 5 a 7 m.

JAZIDA DA REGIÃO ORIENTAL DA PRAIA SANTA

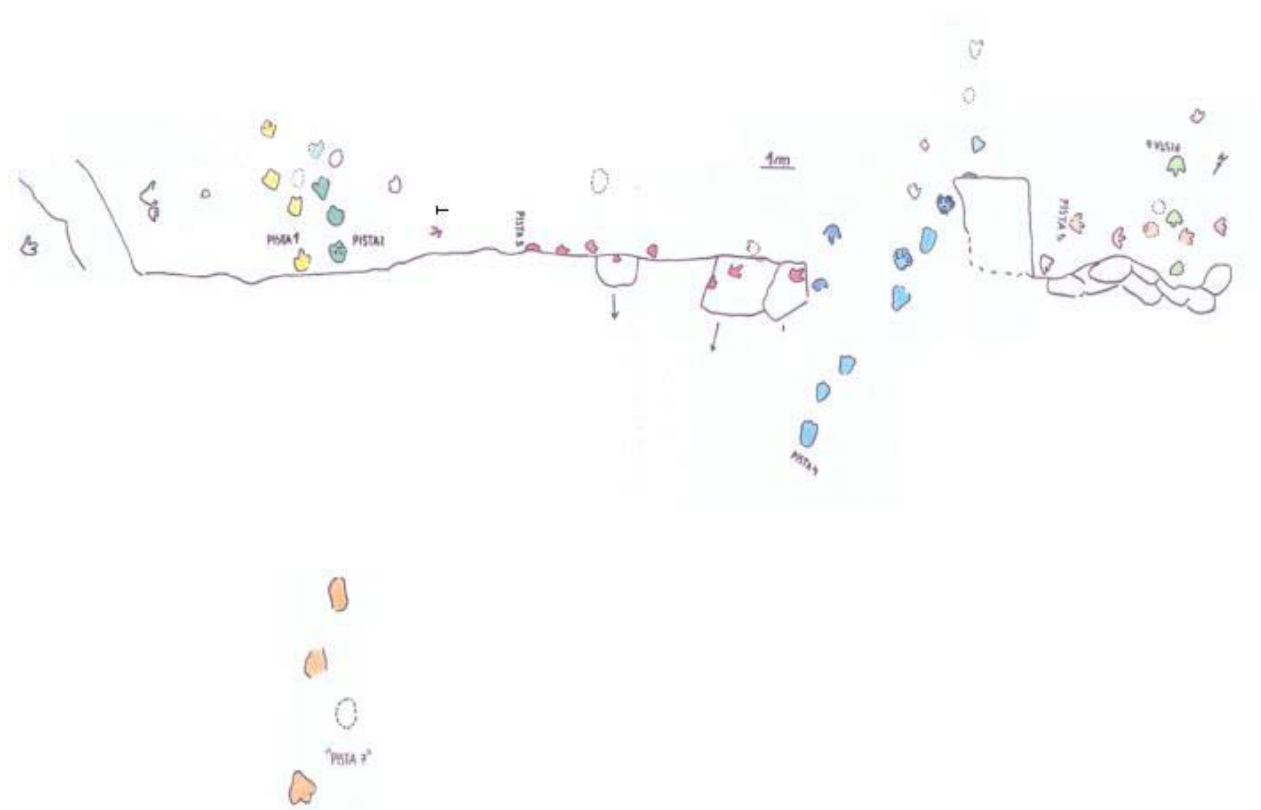


As pegadas, em número rondando as 60, encontram-se em dois níveis distintos consecutivos com idade Barremiana, com a camada superior com espessura variando entre 45 e 65 cm. A maior parte dos icnitos surge no nível inferior, já que o estrato superior (assinalado pela seta) apresenta uma área aflorante muitíssimo reduzida. Esta camada inferior, fracturada em diversas zonas, apresenta evidência de ter sofrido acções tectónicas intensas, conduzindo à movimentação de fragmentos da camada, o que poderá levar a pensar, em erro, que estamos perante dois níveis distintos.

A camada onde se encontram as pegadas foi afectada tectonicamente pela acção de uma zona de falha. O estrato assinalado pelas linhas vermelhas encontra-se imediatamente acima do camada com pegadas, e está deslocado pela acção de 4 pequenas falhas. Estas têm uma orientação E -W.



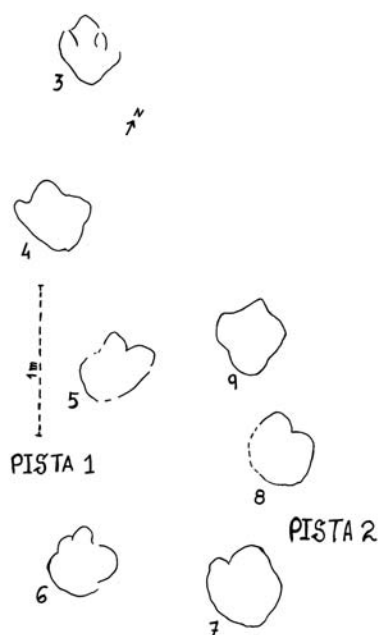
Todas as pegadas encontradas no nível inferior estão preservadas como epirrelevo concâvos. As pegadas em melhor estado de conservação são tridáctilas e mesaxónicas, com comprimento e largura quase idênticos e grande superfície plantar; as impressões dos dígitos são relativamente curtas, mas estes são robustos, largos e com extremidade distal arredondada.



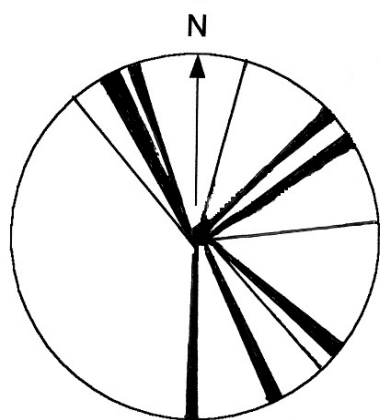
Mapa geral das pegadas e pistas encontradas no nível "principal" (inferior) da zona a oriente da praia da Santa, realizado a partir de passagem para manga plástica. As pegadas encontradas nos vários blocos soltos estão representadas segundo a sua provável posição original. Outras pegadas encontradas neste mesmo nível e para ocidente não estão representadas. Vários blocos caídos sobre este estrato, a oriente, tapam provavelmente outros icnitos.



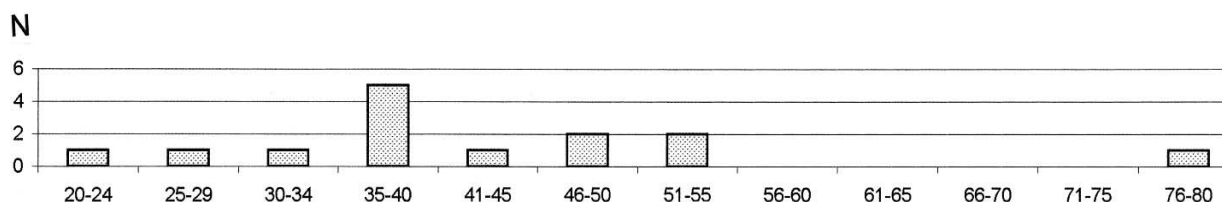
As características morfológicas das pegadas e da configuração das pistas permitem atribuí-las à passagem de dinossáurios ornitópodes Euornithopoda, provavelmente iguanodontianos. Estas características podem mesmo sugerir que os autores desta amostra icnológica fossem iguanodontídeos.



Duas das pistas (1 e 2) apresentam a mesma direcção e sentido de progressão, sendo praticamente paralelas e com um espaço entre elas reduzido (variando entre 36 e 68 cm); representam a passagem de grandes ornitopodes (comprimento médio das pegadas de 46 e 50,5 cm, respectivamente), caminhando a diferentes velocidades (3,4 e 1,9 km/h, respectivamente).

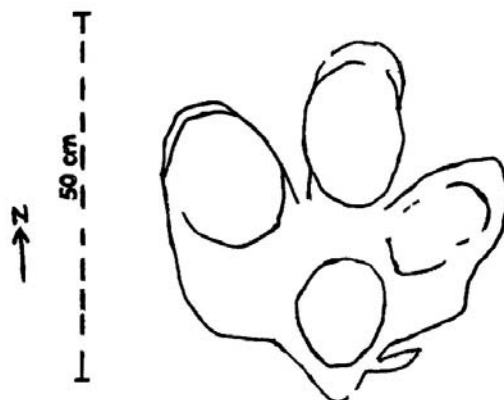
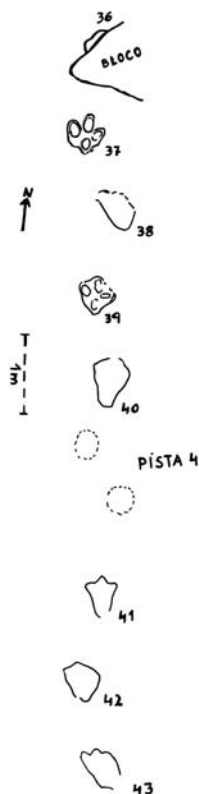


Orientação de pistas e de pegadas isoladas (N=19).



A frequência das diferentes dimensões obtida a partir de pegadas encontradas em múltiplas jazidas sugere que a maioria das pistas deve representar indivíduos diferentes e a explicação mais simples é a de que cada pista representa um indivíduo, embora esta inferência não esteja provada (Lockley 1997).

Foram medidos os comprimentos de pegadas isoladas e para as pistas calculou-se o comprimento médio das pegadas que as integram (com excepção da pista 4, em que apenas foi considerado o comprimento de duas pegadas com bom estado de preservação, 37 e 39). Uma análise deste quadro sugere que neste nível terão passado, no mínimo, 8 indivíduos distintos.



A pegada 37, a que apresenta melhor estado de preservação encontrada neste nível (e provavelmente a “melhor pegada de iguanodontiano descoberta em Portugal”), integra a pista 4, que é formada por 8 - 9 impressões não consecutivas, quase todas em péssimas condições preservacionais, com exceção da pegada 39, correspondente também à impressão do mesmo pé esquerdo do bípede.



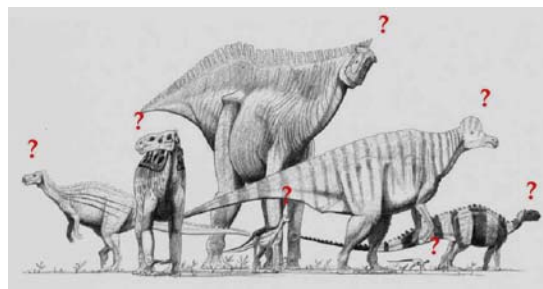
Esta pegada tem 49,5 cm de comprimento para 45,5 cm de largura ($L/W = 1,09$), com ângulos II - III de 30° e III - IV de 35° . É uma pegada tridáctila (?), mesaxónica. Os dígitos são relativamente largos e terminam por uma extremidade arredondada, já dentro da própria rocha. São nítidas as impressões das almofadas digitais e da almofada metatarsofangeal. Apresenta duas indentações laterais em torno da extremidade posterior do “calcanhar”, conferindo um aspecto quase simétrico à pegada. O eixo longo do dígito III tem rotação interna. É uma pegada relativamente profunda, ao contrário da restante amostra encontrada neste nível, com exceção das impressões 39 e 36, que integram também a pista 4.

Uma observação mais minuciosa da pegada 37 mostra uma depressão estreita, relativamente curta (11 cm de comprimento), terminando de forma afilada, dirigida medialmente, exactamente no local onde poderíamos esperar encontrar uma impressão do dígito I (hallux). A sua extremidade distal, com cerca de 2 cm de comprimento, adelgaça-se ligeiramente, podendo representar a impressão do respectivo ungual. Em todo o restante comprimento, a largura é relativamente constante, cerca de 5,2 cm. A sua profundidade é inferior à da restante pegada. O ângulo com o dígito central (III) aproxima-se de 75° .



Tendo em conta a maior profundidade das impressões dos dígitos II - IV e a grande almofada carnuda sob a extremidade distal dos metatarsos, podemos inferir que este ornitopode seria funcionalmente tetradáctilo. Devemos salientar que não existem relatadas para todo o registo icnológico mundial grandes pegadas (comprimento superior a 20 cm) de pés de ornitopodes em que seja visível a impressão do hallux.

Assim, concluímos que para além da pegada representar um ornitopode de grandes dimensões com pé funcionalmente tetradáctilo, a sua morfologia, com significado taxonómico, é distinta das típicas pegadas de grandes ornitopodes do Cretácico inferior, distinguindo-se dos icnotaxa *Iguanodontipus*, *Amblydactylus* e *Caririchnium*, bem como do autor da pista de Valdeté (C). Representando provavelmente um ornitopode osteologicamente desconhecido para o Barremiano (?*Styracosterna* basal), merece portanto receber um nome formal.



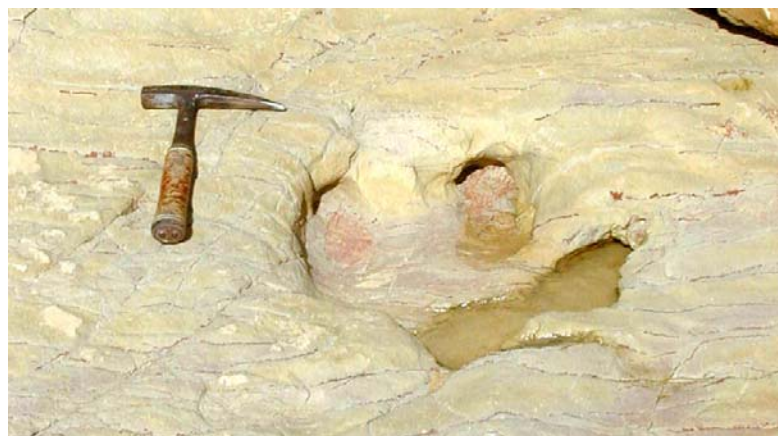
Os potenciais candidatos aos autores da pegada 37 / pista 4 são:

- . Os taxa Euornithopoda diagnosticados pela presença de um hallux relativamente desenvolvido, como *Tenontosaurus* e Camptosauridae.
- . *Styracosterna* basais, desconhecidos osteologicamente, ainda com a presença de um dígito I do pé relativamente bem desenvolvido (e cuja fórmula falangeal seria 2 - 3 - 4 - 5 - 0), deixando pegadas de pés tetradáctilos.
- . Hadrosauriformes basais (Iguanodontidae), com características (presença de hallux no pé) que ainda não foram reconhecidas no registo fóssil osteológico (e que, neste caso, apresentariam uma maior distribuição).
- . Hadrosauriformes basais, como Iguanodontidae, em que o metatarso I terminada ou estava envolvido por uma calosidade, que pode representar variação interespecífica, dimorfismo sexual ou uma situação patológica, produzindo uma impressão "semelhante a um hallux". Perante os argumentos apresentados, embora não excluamos a sugestão de Gierlinski, propomos que a hipótese mais parsimoniosa sugere que o seu autor seria um **ornitopode *Styracosterna* basal**, ainda com um hallux proporcionalmente desenvolvido, que estaria "a meio caminho" entre Camptosauridae e Iguanodontidae. Retinha a condição plesiomórfica de Camptosauridae (fórmula falangeal do pé 2 - 3 - 4 - 5 - 0), mas apresentava já características derivadas adquiridas pelos *Styracosterna* (maiores dimensões corporais e ungues dos dígitos II - IV do pé com forma de casco).

Seria "um Ankylopollexia mais derivado do que Camptosauridae e um Styracosterna mais primitivo do que *Probactrosaurus* e Iguanodontidae". O que, adicionalmente, estaria de acordo com as proporções dos comprimentos dos dígitos II - IV encontradas para a pegada 37, representando uma linhagem osteologicamente desconhecida.

Em relação ao critério "proveniência", esta hipótese está de acordo com os dados conhecidos: membros de Camptosauridae são conhecidos para o Jurássico final da Europa, incluindo Portugal (é provável que, apesar do acentuado turn-over faunístico que ocorreu na passagem Jurássico final - Cretácico inicial, as faunas deste último período representem a herança biológica dos animais / grupos que viviam durante o final do Jurássico, incluindo a sua distribuição geográfica); e para o Cretácico inferior da Europa é conhecido um enorme número de taxa iguanodontídeos.

Baird (1957) salientou que só as pegadas bem preservadas é que devem ser utilizadas na icnotaxonomia. Lockley (2000) foi mais longe: "os icnologistas devem ser elitistas". Mas, "mesmo que seja mais satisfatório encaixar pegadas com produtores e desenvolver uma icnotaxonomia que reflecta esta correspondência dos registos osteológico e de pegadas, um tal objectivo nem sempre é possível" (Lockley 2000).



Se a pegada 37 corresponder realmente à impressão de um pé tetradáctilo, com as proporções dos dígitos centrais referidas, então o seu provável produtor terá sido um Styracosterna basal. Neste caso, sugerimos que se trata de um taxon ainda desconhecido osteologicamente para o Barremiano.

E esta pegada deverá constituir o material tipo de um **novo icnotaxon**, já que apresenta uma morfologia exclusiva, taxonomicamente significativa, não podendo ser incluída em *Iguanodontipus* (nem em "*Iguanodonipus*", como foi proposto por Santos et al. (2000)), e sendo também distinta da pista de Valdeté, do Cretácico inferior de La Rioja, atribuída por Moratalla e Sanz (1997) e Moratalla (2002) a um camptosaurídeo.

Propomos assim a sua inclusão num novo icnotaxon, *Santapodus tetradactylus*.

" Se conseguirmos demonstrar que uma determinada pista de tetrapode foi produzida por uma forma particular de vida possuindo características físicas e funcionais diagnósticas, então justifica-se a utilização de um binome Linnaeano específico" (Peabody 1959). De facto, no estudo e análise de pegadas e pistas, quando pretendemos inclui-las num icnotaxon (já diagnosticado e descrito ou num novo), a prioridade deve residir em critérios anatómicos e funcionais. Assim, preferencialmente, para atribuímos nomes a pegadas e defini-los, só devemos utilizar características relacionadas com os autopodes e com a forma corporal do produtor (não devemos utilizar portanto critérios comportamentais; e, sempre que possível, devemos excluir a utilização das dimensões absolutas como critério diagnóstico na definição de icnogéneros, já que constitui um risco considerável (Farlow e Pianka 2000)).

Defendemos que nesta pegada está reflectida a “impressão digital do arquitecto” (Seilacher 1962), constituindo um espelho relativamente fiel do pé do autor. Na sua globalidade, esta pegada apresenta um conjunto de características únicas entre as grandes pegadas atribuídas a ornitopodes Cretácicos. É caracterizada pela presença de 4 dígitos radiando directamente de uma grande impressão oval das extremidades distais dos metatarsos. Isto sugere que o pé possuía 4 metatarsos, suportando 4 dígitos funcionais. A área relativamente grande da impressão metapodial sugere que os metatarsos não estavam muito apertados distalmente. O hallux está impresso ao longo de todo o comprimento do dígito, não indicando meramente a impressão do ungual.

A impressão das extremidades dos metatarsos não se prolonga muito posteriormente (não apresenta uma impressão do “calcanhar” especialmente alongado) e está menos profunda do que as impressões dos dígitos II - IV. Isto sugere que o hallux não estaria elevado, não emanando de um ponto elevado dos metatarsos, mas que na progressão do animal contactava com o substrato. E a pegada 37, na sua globalidade, não é particularmente funda (como acontece com a pegada 36), tudo isto implicando que a postura do ornitopode não era atípica, plantígrada.

Enquanto que “iguanodontes e hadrossaurios só suportavam o peso sobre os dígitos II - IV do pé”, quando em progressão bípede, “com base em evidências a partir das pistas” (Christiansen 1997), muitos ornitiquianos Cretácicos possuem um pé tetradáctilo. Mas nenhum membro destes clades com progressão bípede facultativa, incluindo hypsilofodontídeos, tenontosauríneos, ?camptossaurídeos, paquicefalossaurídeos, neoceratopsianos basais, pode ser considerado como potencial autor de pegadas com esta morfologia e dimensões. A descoberta de pegadas integrando uma pista bípede produzida por um ornitopode Barremiano de grandes dimensões e funcionalmente tetradáctilo, com impressões dos unguais II - IV arredondados e em forma de casco, é inesperada. O seu produtor, provavelmente um ornitopode *Styracosterna* basal, é desconhecido osteologicamente.



Schad (1994), referiu que muitas das novidades evolucionárias são expressas, em primeiro lugar, nos membros dos animais. “O que sugere que o registo das pegadas pode ser o primeiro lugar onde as novas tendências evolucionárias ficam registadas” (Lockley 1999). E como é natural que a maior parte destas transformações evolucionárias tenham ocorrido nos ambientes baixios de planícies inundadas periodicamente, exactamente os locais onde as probabilidades de formação e preservação das pegadas são maiores, este é mais um aspecto significativo da potencial contribuição da icnologia dos vertebrados, permitindo inferências sobre a evolução dos autopodes, membros, posturas, ..., de linhagens, muitas vezes ainda desconhecidas através do registo esquelético.

E a pegada 37 / pista 4 pode reflectir precisamente uma destas linhagens desconhecidas - um *Styracosterna* já de grandes dimensões (altura de anca rondando os 2,80 m para um comprimento total aproximando-se dos 10 m), com os três dígitos II - IV bem desenvolvidos e terminando por ungues arredondados em forma de casco, mas ainda com um hallux não atrofiado, com alguma interferência na progressão. Como *Camptosauridae* é considerado ser o grupo irmão para *Styracosterna*, a origem deste último clade terá ocorrido, pelo menos, nos inícios do Jurássico final. Tendo em conta que logo nos inícios do Cretácico inferior já são conhecidos *Styracosterna* cujo pé perdeu o dígito I, é provável que a linhagem representada pelo autor da pista 4, intermédia entre “*Ankylopollexia* basais e *Styracosterna* basais”, constitua um “fóssil vivo”, um sobrevivente tardio ou uma relíquia “fora do tempo”; poderá também representar um membro basal da linhagem de *Styracosterna* conduzindo a *Probactrosaurus* (Albiano - Cenomaniano), o que está de acordo com a longa extensão em falta desta linhagem (sensu Sereno 1997, 1999).

Inferindo que a pegada 37 (e a pista 4 que a integra) representa uma morfologia distinta, que não deve corresponder a um artefacto de formação / preservação, que, em algum grau, reflecte a estrutura esquelética do seu autor e, independentemente da afinidade taxonómica do animal que a produziu, sugerimos que merece receber um nome formal, estando implícito que existe algo de anatomicamente distinto neste fóssil.

Paleontologia sistemática

Género *Santapodus*, gen. nov.

Etimologia: *Santa* é o nome do local onde as pegadas foram encontradas (jazida da Praia da Santa); Grego *podus*, significando pé.

Diagnose: pegadas tetradáctilas, ligeiramente mais longas que largas de um pé de dinossáurio ornitopode digitigrado bípede, com configuração quadripartida mas coalescida. A impressão metatarsofalangeal, oval, representa cerca de 40% do comprimento da pegada. Dígitos II - IV largos, robustos, com largura quase igual (superior para o dígito IV), terminando distalmente por impressões de ungues arredondados, com forma de casco. O dígito I, dirigido medialmente, é estreito e termina de forma semi-pontiaguada. O dígito IV é o mais longo, seguindo-se o III, o II e o hallux. Os dígitos II e IV estão dirigidos numa posição intermédia entre para a frente e lateralmente, fazendo um ângulo de 65°. O ângulo interdigital total (I - IV) aproxima-se de 95°. Eixo longo do dígito III com ligeira rotação interna. Hipexes II-III e III-IV sem assimetria (grau de reentrância idêntico). Passo curto (passo / comprimento da pegada inferior a 2,0) e ângulo de passo aproximando-se dos 155°.

Holótipo: SO, 37/4, epirrelevo de pegada esquerda, integrando uma pista formada por 8 pegadas (SO 43/4, SO 42/4, SO 41/4, sucessivas, SO 40/4, SO 39/4, SO 38/4, SO 37/4 e SO 36/4, também sucessivas); réplica depositada na Escola Básica 2+3 Dr. Joaquim de Barros, Paço de Arcos.

Parátipo: SO, 39/4, epirrelevo de pegada esquerda; réplica depositada na Escola Básica 2+3 Dr. Joaquim de Barros, Paço de Arcos.

Plesiótipos: as restantes pegadas que integram a pista SO 4, em mau estado de preservação.

Localidade tipo: nível inferior com pegadas localizado a oriente da Praia da Santa, Vila do Bispo, Portugal (coordenadas geográficas: N 37° 03 42; W 08° 50 05)

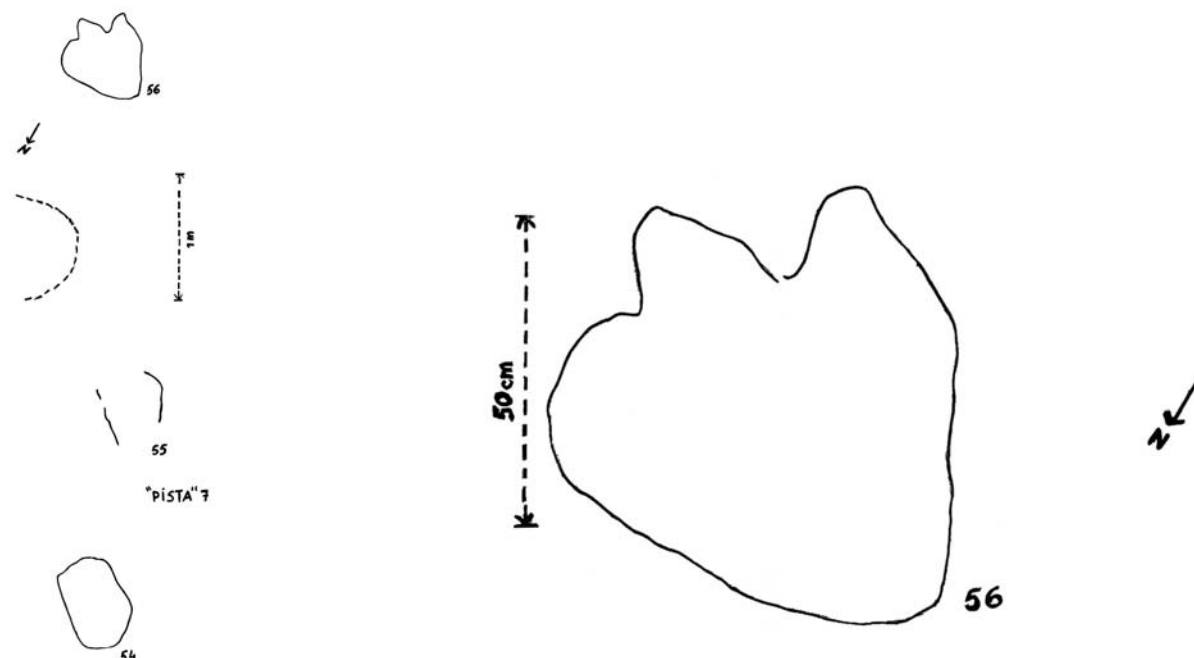
Horizonte tipo: calcário arenítico amarelado do Barremiano (Cretácico inferior).

Iknoespécie tipo *Santapodus tetradactylus* sp. nov.

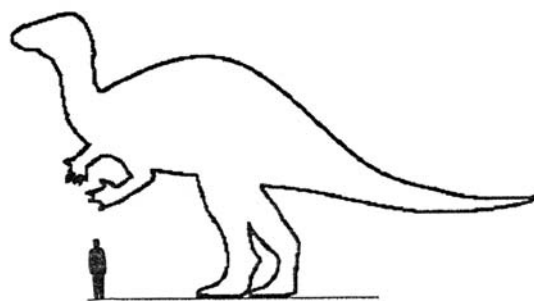
Etimologia: do grego *Tetradactulos*, realçando a ocorrência de impressão de 4 dígitos, incluindo hallux.

18

Diagnose: a mesma do icnogênero.



Neste mesmo nível encontramos a “pista 7”, formada por três pegadas alinhadas, mas não consecutivas - no local da pegada esquerda em falta existe uma enorme escavação rocha. E, aparentemente, estas pegadas revelam a passagem de um enorme iguanodontiano, já que a pegada com melhor preservação (nº 56), emersa apenas durante os períodos de marés mais baixas, tem um comprimento de 79,5 cm para uma largura de 70 cm!

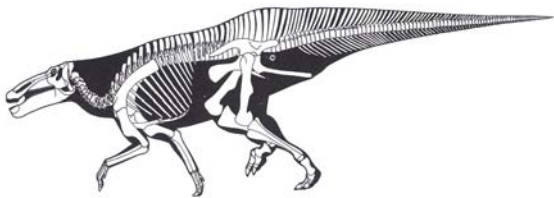


Pegada 56, numa altura de maré extremamente baixa. Dentro da enorme impressão são visíveis alguns moluscos e algas.

Se esta impressão tridáctila, correspondendo ao autopode posterior direito (inferido pelo alinhamento das pegadas e pela rotação interna), representar de facto as dimensões reais do pé do ornitopode - por outras palavras, se não for uma sub-impressão ou se as suas dimensões não tiverem aumentado por efeito da dissolução da água, por

deslizamento do pé num substrato mole ou pela acção de movimentos tectónicos - então podemos inferir que o animal teria uma altura de anca entre 4 a 4,5 m, para um peso total ultrapassando as 9 toneladas e um comprimento total superior a 12 m!

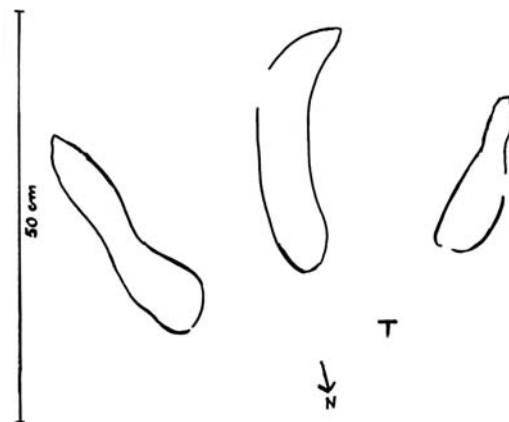
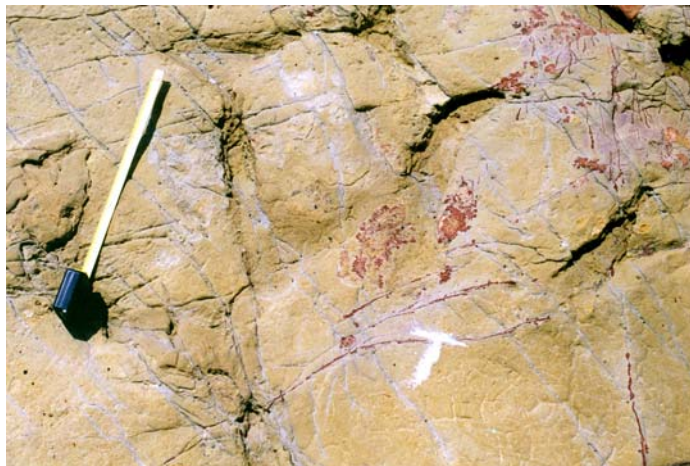
As grandes pegadas de pés do Cretácico final atribuídas a hadrossaurídeos apresentam normalmente impressões dos dígitos II - IV e dos respectivos ungues proporcionalmente curtos, o que pode ser considerado como um iluminante recíproco. De facto, parece ocorrer em Hadrosauridae um encurtamento geral de todas as falanges dos dígitos do pé em relação ao comprimento das falanges dos Hadrosauriformes menos avançados. Tal como a dimensão, estes critérios podem ser encarados como sinapomorfias, embora não tenham sido incluídos em análises filogenéticas. E a pegada 56 revela impressões dos dígitos II - IV muito curtos, sendo substancial a diferença em relação às pegadas de menores dimensões encontradas no mesmo nível.



Reconstituição esquelética de *Shantungosaurus*, com comprimento total de 17 m (segundo Brett-Surman 1997).

Um hadrossaurio com uma altura de anca de 4,20m teria um fémur com um comprimento aproximado de 1,70m. Não é conhecido nenhum ornitopode não hadrossaurídeo com fémur com esta dimensão, enquanto que vários taxa hadrossaurídeos estão representados por elementos esqueléticos em que este osso longo alcançava dimensões semelhantes. Por exemplo, um exemplar de *Shantungosaurus giganteus* tem um fémur exactamente com esta dimensão.

Assim, sugerimos que esta pegada e a respectiva “pista” tenham origem hadrossaurídea, o que representaria a mais antiga evidência do clade Hadrosauridae.



Apenas uma das pegadas (T) apresenta características que a permitem distinguir claramente da restante amostra encontrada no nível inferior da região oriental da jazida da praia da Santa. É constituída apenas pelas impressões de três dígitos esguios, com terminação distal afilada, pontiaguda e curvada, especialmente para os dígitos II e III, já que se trata muito provavelmente de uma impressão do pé esquerdo. Não se observa qualquer vestígio da extremidade distal dos metatarsos, nem qualquer rebordo levantado em torno das impressões dos dígitos. Isto sugere que o substrato pisado estava relativamente consistente e/ou que o bípede se deslocava a velocidade elevada. Infelizmente, trata-se de um pegada isolada.

Os comprimentos das partes impressas dos dígitos III e IV são quase idênticos (30 e 29 cm, respectivamente), enquanto que para o dígito II o valor é de 20 cm. Um elevado grau de variabilidade, tanto aleatória como consistente, pode ocorrer entre pegadas que formam uma única pista produzida por um mesmo animal. E um exemplo desta variação consistente é a curvatura para dentro da extremidade distal do dígito III em relação ao eixo longo de pegadas tridáctilas, que ocorre em muitos dos icnitos atribuídos a terópodes. Assim, um critério adicional para inferir uma origem teropodiana desta pegada é a ligeira curvatura sigmoidal para dentro, em relação ao eixo longo, da porção distal do dígito central, notada pela primeira vez por Langston (1974), descrita por Farlow (1987) e que Pittman (1989) considerou como uma das características típicas das pegadas de terópodes. Como é típico das pegadas atribuídas a terópodes, o dígito III é o mais largo (cerca de 6 cm de largura máxima, enquanto que a largura máxima do dígito IV ronda os 5 cm. A largura dos dois terços distais do dígito II é inferior (entre 3 e 3,5 cm), mas na sua parte proximal ronda os 6 cm.



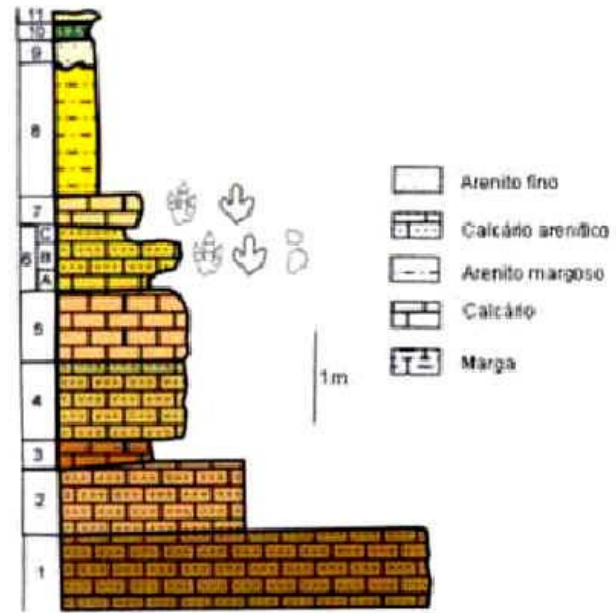
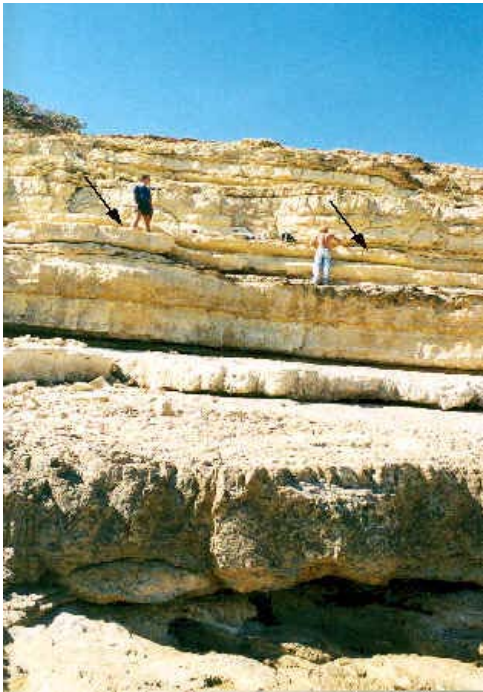
Esta é mais uma jazida com pegadas que se vai perdendo dia a dia. As próprias águas da maré cheia cobrem parte deste estrato, situação que se agrava nas alturas das marés vivas.

JAZIDA DA REGIÃO OCIDENTAL DA PRAIA SANTA

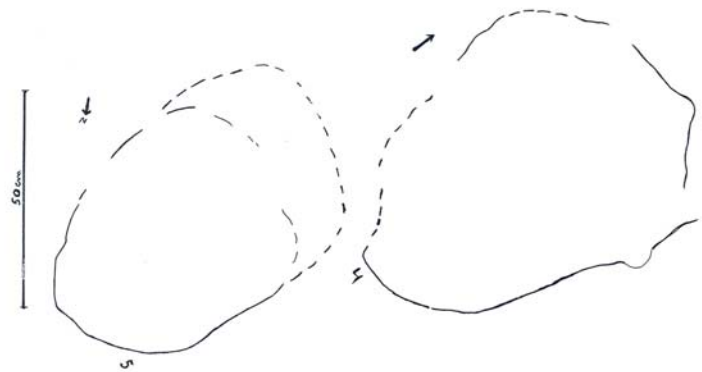
Em 2002, durante a preparação das actividades que iríamos desenvolver no âmbito do Programa Geologia no Verão, e seguindo para ocidente os dois estratos com pegadas da região este da jazida da Santa, descobrimos, a cerca de 160 m, novas pegadas em ambos os níveis.



As setas a branco indicam a localização das pegadas encontradas nos dois níveis a ocidente da praia da Santa, incluindo um grande bloco que se desmoronou, em primeiro plano (coordenadas geográficas : N 37° 03' 40.0"; W 008° 50' 15.3"). Ao fundo, assinalada pela seta a negro, encontra-se a jazida da praia da Fóia do Carro.



Coluna litoestratigráfica da região ocidental da Praia Santa. Estão assinalados os dois níveis com pegadas, que atribuímos a dinossáurios carnívoros (terópodes) e herbívoros (iguanodontianos e sauropodes).

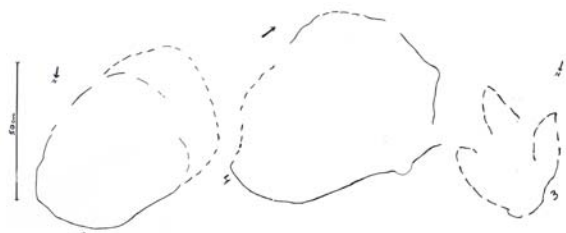


Esquema das duas prováveis impressões de sauropode. A seta indica o sentido de progressão do animal.

Apesar da amostra ser diminuta e da preservação ser pobre, vários critérios sugerem que as pegadas podem ser atribuídas a um dinossáurio sauropode:

- . a sua posição relativa
- . a ligeira rotação externa em relação à (inferida) linha média da pista
- . a grande dimensão, com comprimento alcançando cerca de 78 cm
- . a morfologia global, oval, com largura (média de 54,5 cm) muito inferior ao comprimento, impressões de curtos dígitos / ungues dirigidos anteriormente, margem posterior sub-triangular
- . o facto de, invertendo uma das impressões e sobrepondo-as, a sua morfologia e dimensões quase não se distinguirem

Estes critérios estão de acordo e são consistentes com a morfologia e dimensões de pegadas de pés atribuídas a sauropodes encontradas em muitas outras jazidas.



E não deixa de ser curiosa a posição e orientação da pegada tridáctila 3 em relação ao par de impressões de pés deste sauropode. Para além da grande proximidade (rondando apenas 10 cm de distância), a sua orientação implicaria também que o bípede intersectaria a pista do herbívoro.



E esta pegada tridáctila 3, com comprimento aproximando-se de 49 cm e largura rondando 38,5 cm, apresenta uma relação L / W de 1,27, muito superior à da amostra encontrada neste nível e inferida ter como autores ornitópodes iguanodontianos. Por outro lado, uma das impressões dos dígitos termina de forma aguçada, o “calcanhar” apresenta uma indentação lateral, tornando-o não simétrico e a pegada não mostra a característica configuração quadripartida típica de muitas das pegadas dos ornitópodes Cretácicos. Assim, sugerimos a presença de um autor terópode.



Neste mesmo nível e na região ocidental surgem outras pegadas tridáctilas, duas das quais (6 e 7) com a mesma orientação e direcção e separadas por apenas 55 cm. A pegada 7, com comprimento de 41 cm e largura de 42,5 cm ($L / W = 0,96$), impressões de dígitos robustos, relativamente curtos, terminando por “cascos” e com configuração quadripartida, deve ter origem iguanodontiana, sendo provável que o seu estatuto taxonómico seja o mesmo que a da grande amostra das impressões encontradas na zona oriental.

Um censo global do agregado icnológico encontrado no nível inferior da jazida da Praia da Santa permite reconhecer a passagem de:

- . 1 ornitopode tetradáctilo, provavelmente um *Styracosterna* basal, de grande dimensão
- . pelo menos 10 iguanodontianos médios a grandes, eventualmente mais derivados do que o autor tetradáctilo
- . 2 ornitopodes de dimensão mais reduzida (altura de anca inferior a 1,4 m)
- . 1 enorme ornitopode, provavelmente hadrossaurídeo
- . 2 teropodes de dimensões relativamente grandes (altura de anca superior a 2,2 m)
- . 1 sauropode de dimensões médias, rondando as 20 toneladas de peso

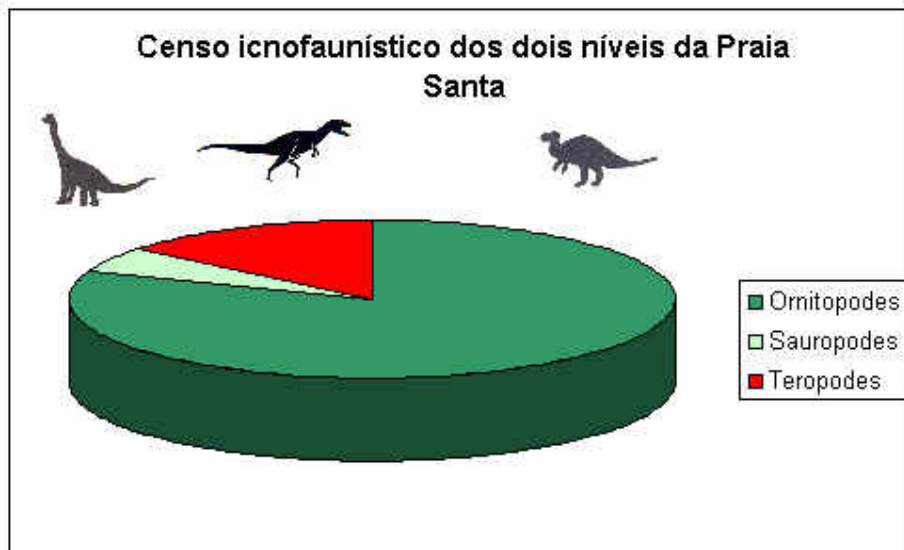


Globalmente, reconhecemos nesta icnocenose a presença de pelo menos 14 ornitopodes e de 1 sauropode (comunidade herbívora) e de 2 teropodes, os seus prováveis predadores. Por outras palavras, os carnívoros representavam apenas 12% da comunidade dinossauriana. Mas, em termos de biomassa, a desproporção será ainda mais acentuada.



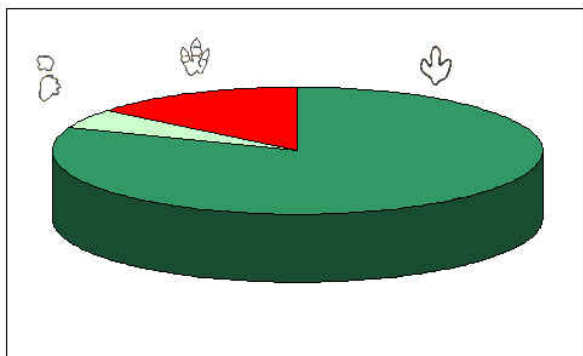
No nível superior encontramos também várias pegadas tridáctilas. Duas delas (1 e 2), apesar da reduzida superfície aflorante, encontram-se alinhadas, representando os dois pés consecutivos de um mesmo bípede. O comprimento e largura médias rondam 30,5 (L / W = 1). O ângulo interdigital total médio é de 63°. A pegada 2, em melhor estado de preservação, apresenta grande superfície plantar, posteriormente arredondada / aplanada, com impressões dos dígitos relativamente curtos e largos, mas com a parte distal pontiaguda, afilada. O passo (59 cm) é proporcionalmente curto. Estas características sugerem um produtor ornitopode, deslocando-se lentamente, distinto dos ornitopodes médios a grandes que deixaram as suas impressões no nível inferior.

Em termos globais, as icnofaunas representadas pelos dois níveis sucessivos da jazida da Praia da Santa sugerem a presença de, pelo menos, 17 ornitopodes, 1 sauropode e de 3 teropodes. Sugerimos que entre os ornitopodes, se possam distinguir vários icnotaxa correspondendo taxonomicamente a, pelo menos, um Styracosterna basal, um hadrossaurídeo, um eventual ?tenontosaurídeo e provavelmente a vários iguanodontianos iguanodontídeos.



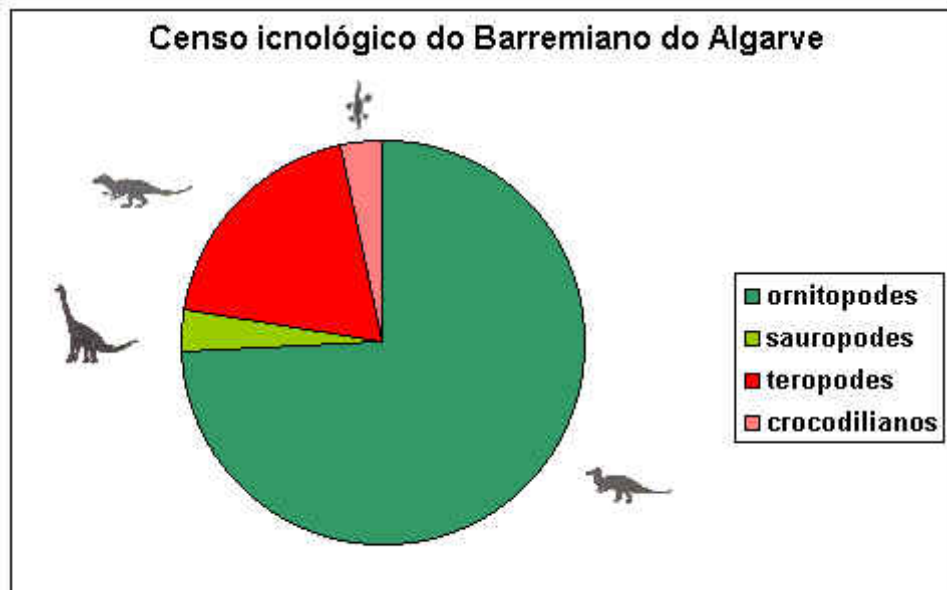
As inferências resultantes da análise desta icnofauna sugerem que a relação herbívoros / carnívoros é de cerca de 83 % para 17 %, o que suporta a conclusão de um «share» dominante por parte dos herbívoros.

Esta elevada icnodiversidade com significado taxonómico não nos deve surpreender quando nos lembramos que “pegadas de *Iguanodon*” estão por vezes associadas com pegadas de outros dinossáurios, como teropodes, ankylossaurios, ornitopodes não iguanodontídeos e, ocasionalmente, com pegadas de sauropodes e com pegadas de aves e de pterossaurios” (Lockley e Meyer 2000). Apesar de poder ser discutível o grau com que as pegadas podem ser consideradas representativas de comunidades animais de determinados ambientes em comparação com o registo osteológico, é óbvio que algum grau de representatividade terá de estar presente. “A icnodiversidade não é necessariamente um reflexo exacto de uma diversidade biológica original. Contudo, é um índice paleoecológico válido” (Lockley e Hunt 1995). E para o Barremiano do Algarve (eventualmente, até de Portugal), o registo osteológico dos vertebrados terrestres é nulo, quando comparado com o abundante registo icnológico.



Esta icnofauna é dominada pelos herbívoros ornitopodes, com representação escassa de apenas um sauropode. O facto de termos evidência reduzida de teropodes pode significar que os predadores, estando no topo das cadeias alimentares, eram eles próprios relativamente raros.

Os dados conhecidos a partir do registo icnológico permitem-nos compilar informação sobre a abundância e distribuição de diferentes grupos de vertebrados para o Barremiano Algarvio (os vários níveis das jazidas da Salema oriental e ocidental e os dois níveis da jazida da Praia Santa), permitindo também inferir a razão entre espécies de predadores e de presas (estes dados podem também permitir inferências sobre a biomassa de herbívoros e de carnívoros):



Censo do número de diferentes tipos de pistas / pegadas para 7 níveis do Barremiano das jazidas da Salema e da Praia Santa, representando o número mínimo de indivíduos e fornecendo uma indicação das proporções dos diferentes produtores que estavam activos durante os tempos Barremianos na região (sem se conhecer um único osso!).

Assumindo que os teropodes e o crocodiliano eram predadores, a relação herbívoros / carnívoros é de cerca de 75% para 25%, o que suporta a conclusão de um predomínio dos herbívoros sobre os carnívoros. Em termos de biomassa, a disparidade real seria ainda superior.

O Cretácico inferior foi um tempo de grande mudança nas comunidades de dinossáurios, durante o qual as comunidades dominadas por sauropodes, prevalecentes no Jurássico final, foram substituídas por comunidades dominadas por ornitopodes, que prevaleceram desde o Cretácico inferior até ao final do Cretácico superior (Bakker 1978). Opinião contrária foi apresentada por Norman e Barrett (2002), que, ao sugerirem que as faunas do Grupo Purbeck (Berriasiano) partilham semelhanças com as faunas do Jurássico final da América do Norte, concluíram que o turnover faunístico do limite Jurássico final - Cretácico inicial poderá ter sido menos rápido do que o sugerido por Bakker (1978) e Wright et al. (1998).

“Estratos pré-Aptianos do Cretácico inferior com restos de dinossáurios são pouco vulgares” (Weishampel 1992) e assim “os Grupos Purbeck e Wealden, de Inglaterra, e os Grupos Oncala e Enciso, de Espanha, fornecem uma janela rara para esta fase transitória” (Wright et al. 1998). Podemos agora acrescentar que **os estratos do Barremiano do Algarve também fornecem uma contribuição importante para aumentar os nossos conhecimentos sobre este turn-over faunístico.**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baird, D. 1957. Triassic reptile footprints faunules from Mildford, New Jersey. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard University 117.

Bakker, R.T. 1978. Dinosaurs feeding behaviour and the origin of flowering plants. Nature 274.

Brett-Surman, M.K. 1997. Ornithopoda, in The Complete Dinosaur Farlow, J.O. e Brett-Surman, M.K. (Eds), Bloomington, Indiana University Press.

Carrano, M.T e Wilson, J.A. 2001. Taxon distributions and the tetrapod track record. Paleobiology 27.

Christiansen, P. 1997. Hindlimbs and feet, in Encyclopedia of Dinosaurs, Currie, P.J. e Padian, K. (Eds), New York,

Farlow, J.O. 1987. Lower Cretaceous Dinosaur Tracks, Paluxy River Valley, Texas. Waco: South-Central Section, Geological Society of America, Baylor University.

Farlow, J.O. e Pianka, E.R. 2000. Body form and trackway pattern in Australian desert monitors: comparing zoological and ichnological diversity. Palaios 15.

Langston, W. 1974. Non-mammalian Comanchean tetrapods. Geoscience and Man, 8.

Lockley, M.G. 1997. Dinoturbation, in Encyclopedia of Dinosaurs, Currie, P.J. e Padian, K. (Eds), New York,

Lockley, M.G. 1997. The paleoecological and paleoenvironmental utility of dinosaur tracks, in The Complete Dinosaur Farlow, J.O. e Brett-Surman, M.K. (Eds), Bloomington, Indiana University Press.

Lockley, M.G. 1999. The Etrnal Trail: a tracker looks at evolution. Reading: Perseus Books.

Lockley, M.G. 2000. Philosophical perspectives on theropod track morphology: blending qualities and quantities in the sciene of ichnology. Gaia 15.

Lockley, M.G. e Hunt, A.P. 1995. Dinosaur tracks and other fossil footprints of the Western Unitate States. New York: Columbia University Press.

Lockley, M.G. e Meyer, C.A.. 2000. Dinosaur tracks and other fossil footprints of Europe. New York: Columbia University Press.

Martin, A.J. 2001. Introduction to the study of dinosaurs. Blackwell Science.

Moratalla, J.J. 2002 Cameros Basin: megasequence (Spain) and overview on body and ichnological biodiversity from the European Cretaceous. SVP Symposium.

Moratalla, J.J. e Sanz, J. L. 1997. Cameros Basin Megatracksite, in Encyclopedia of Dinosaurs, Currie, P.J. e Padian, K. (Eds), New York,

Norman, D.B. e Barret, P.M. 2002 Ornithischian dinosaurs from the Lower Cretaceous (Berriasian) of England, in Life and Environments in Purbeck Times, Milner, A.R. e Batten, D.J (Eds), Special Papers in Paleontology 68.

Peabody, F.E. 1959. Trackways of living and fossil salamanders. University of California Publications Zool. 63, Berkeley.

Pittman, J. G. 1989. Stratigraphy, lithology, depositional environment, and track type of dinosaur track-bearing beds of the Gulf Coastal Plain, in Gillette, D.D. e Lockley, M.G. (Eds) Dinosaur tracks and Traces, Cambridge, Cambridge University Press.

Santos, V.F., Dantas, P., Moratalla J., Terrinha, P., Coke, C., Agostinho, M., Galopim de Carvalho, A.M.. 2000. Primeiros vestígios de dinossáurios na Orla Mesozóica Algarvia, Portugal. I Congresso Ibérico de Paleontologia / XVI Jornadas de la Sociedad Espanola de Paleontologia, Évora.

Santos, V.F.; Dantas, p., Moratalla, J., Terrinha, P., Coke, C., Agostinho, M., Galopim de Carvalho, A.M. 2000. Rastos de Iguanodontídeos no Cretácico Algarvio, Portugal. I Congresso Ibérico de Paleontologia / XVI Jornadas de la Sociedad Espanola de Paleontologia, Évora.

Schad, W. 1994. Heterochronal patterns of evolution in the transitional stages of vertebrate classes. Acta Biotheoretica 61.

Seilacher, R. 1962. Fossil Behaviour. Scientific American TK.

Sereno, P.C. 1997. The Origin and Evolution of Dinosaurs. Annual Review of Earth Planet Sciences, 25.

Sereno, P.C. 1999. The Evolution of Dinosaurs. Science 284.

Weishampel, D.B. 1992. Dinosaur distribution, in Weishampel, D.B., Dodson, P e Omolska, H. (Eds), The Dinosauria, University of California Press.

Wright, J.L., Barrett, P.M., Lockley, M.G. e Cook, E. 1998. A review of Early Cretaceous terrestrial vertebrate track-bearing strata of England and Spain, in Lucas, S.G, Kirkland, J.I. e Estep, J.W. (Eds), Lower and Middle Cretaceous Ecosystems, New Mexico Museum of Natural History Bulletin 14.



Agradecemos o apoio e colaboração da Junta de Freguesia de Paço de Arcos.